

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/EP05/003475

International filing date: 29 March 2005 (29.03.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: DE

Number: 10 2004 016 318.9

Filing date: 30 March 2004 (30.03.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 22 June 2005 (22.06.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 10 2004 016 318.9

**Anmeldetag:** 30. März 2004

**Anmelder/Inhaber:** REINZ-Dichtungs-GmbH, 89233 Neu-Ulm/DE

**Bezeichnung:** Bipolarplatte sowie Verfahren zu deren Herstellung  
und ein die Bipolarplatte enthaltendes elektrochemisches System

**IPC:** H 01 M, C 25 B

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 25. Mai 2005  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Stremme

REINZ-Dichtungs- GmbH  
039P 1589

Bipolarplatte sowie Verfahren zu deren Herstellung  
und ein die Bipolarplatte enthaltendes  
elektrochemisches System

5 Die vorliegende Erfindung betrifft eine Bipolarplatte, ein Verfahren zu deren Herstellung sowie ein die Bipolarplatte enthaltendes elektrochemisches System, wie beispielsweise ein Brennstoffzellensystem oder ein elektrochemisches Verdichtersystem.

10 Elektrochemische Verdichtersysteme können z.B. Elektrolyseure sein, die durch Anlegen eines Potentials neben der Erzeugung von z.B. Wasser und Sauerstoff aus Wasser diese Gase gleichzeitig unter Druck komprimieren.

15 Daneben sind auch elektrochemische Verdichtersysteme wie z.B. elektrochemische Wasserstoffkompressoren bekannt, welchen gasförmiger molekularer Wasserstoff zugeführt wird und dieser durch das Anlegen eines Po-

tentials elektrochemisch verdichtet wird. Diese elektrochemische Verdichtung bietet sich insbesondere für geringe Mengen zu verdichtenden Wasserstoffs an, da eine mechanische Kompression des Wasserstoffs hier deutlich aufwendiger wäre.

Es sind elektrochemische Systeme bekannt, bei denen ein elektrochemischer Zellstapel mit einer Schichtung von mehreren elektrochemischen Zellen, welche jeweils durch Bipolarplatten voneinander getrennt sind, aufgebaut sind. Die Bipolarplatten haben hierbei mehrere Aufgaben:

- Elektrische Kontaktierung der Elektroden der einzelnen elektrochemischen Zellen z.B. Brennstoffzellen und Weiterleitung des Stroms zur benachbarten Zelle (Serienschaltung der Zellen),
- Versorgung der Zellen mit Medien z.B. Reaktionsgasen und Abtransport von Reaktionsprodukten über eine Gasverteilerstruktur (Flowfield),
- Weiterleiten der bei der Erzeugung in der elektrochemischen Zelle entstandenen Abwärme, sowie
- Abdichten der verschiedenen Medien- bzw. Kühlkanäle gegeneinander und nach außen.

Für die Medienzu- bzw. -abfuhr von den Bipolarplatten zu den eigentlichen elektrochemischen Zellen, diese sind z.B. MEA (Membrane Electron Assembly, d.h. Membran-Elektroneneinheiten) mit einer jeweils zu den Bipolarplatten hin orientierten Gasdiffusionslage (z.B. aus einem Metall- oder Kohlenstoffvlies), können die Bipolarplatten Öffnungen zur Kühlung bzw. Medienzu- und -abfuhr aufweisen.

In bekannten Brennstoffzellensystemen erfolgt die Gasverteilung entlang der MEA mittels Kanal- und Mäanderstrukturen auf beiden Seiten der Bipolarplatte.

5 Die Konstruktion der Kanalstrukturen zielt dabei vorrangig auf eine Optimierung der Gasverteilung auf der der MEA zugewandten Seite ab. Vor allem bei metallischen Bipolarplatten ergibt sich daraus das Problem, dass die Verteilung und Leitung des Kühlwassers zwischen den Einzelplatten sich lediglich in den dort durch Verbindung entstehenden Kavitäten, als Konsequenz der eingeprägten Kanalstrukturen der Gasverteilungsbereiche ergibt. Eine gezielte Verteilung / Leitung des Kühlwassers ist dadurch nicht in jedem Fall gewährleistet. Außerdem können die Betriebssicherheit von Brennstoffzellensystem auch dadurch beeinträchtigt sein, dass feine Kanalstrukturen z.B. durch sich bildendes Wasser verstopfen und somit die Führung von z.B. gasförmigen Medien behindert wird, so dass der Wirkungsgrad z.B. des Brennstoffzellensystems sinkt.

10

15

20

Außerdem werden aufgrund der zum Teil komplexen Kanalstrukturen bekannter Bipolarplatten für deren Herstellung aufwendige Prägewerkzeuge benötigt.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein eine Bipolarplatte enthaltendes elektrochemisches System bzw. ein Verfahren zu deren Herstellung zu schaffen, wobei gegenüber dem Stand der Technik Vorteile in der kostengünstigen Herstellbarkeit sowie der Betriebssicherheit erlangt werden sollen.

30

Diese Aufgabe wird durch eine Bipolarplatte nach Anspruch 1, ein Verfahren zu deren Herstellung nach Anspruch 15 bzw. durch ein elektrochemisches System

35

nach Anspruch 16 gelöst.

Die erfindungsgemäße Bipolarplatte für elektrochemische Systeme weist eine erste Platte mit einem ersten Flowfield zur Medienverteilung und eine zweite Platte mit einem zweiten Flowfield zur Medienverteilung auf. Hierbei weist die erste Platte im Bereich des ersten Flowfields zumindest bereichsweise einen ebenen Flächenabschnitt auf, aus welchem herausragend linienförmige bzw. diskrete und voneinander beabstandete Erhebungen verteilt angeordnet sind.

Dies gilt zumindest für die erste Platte, selbstverständlich sind diese erfindungsgemäßen Erhebungen auch für die erste und zweite Platte gleichzeitig möglich. Es ist vorteilhaft, dass eine solche Bipolarplatte dadurch hergestellt werden kann, dass zunächst die erste sowie die zweite Platte, welche vorzugsweise aus Metallblech bestehen, Mittel zum kostengünstigen Herstellungsverfahren wie Rollprägen, Stempeln, Hydroforming, Wirbelstromprägen etc. mit Erhebungen und/oder Kanalstrukturen versehen werden und anschließend die erste und die zweite Platte auf der den Kanalstrukturen und/oder Erhebungen entgegengesetzten Seiten miteinander verbunden werden bzw. durch Verfahren Löten, Kleben oder Laserstrahlschweißen gefügt werden.

Dies ermöglicht eine kostengünstige Herstellbarkeit insbesondere für den Großserienbetrieb, die Erstellung der diskreten und voneinander beabstandeten Erhebungen, welche aus einem ebenen Flächenabschnitt herausragen und über die Fläche bzw. gleichmäßig verteilt sind, sind besonders einfach herstellbar. So sind in einfachen Prägeverfahren in einem einzigen Gang diese in der Regel herstellbar, da keine kompli-

zierten bzw. materialbeanspruchenden Umformvorgänge zu bewerkstelligen sind, wie dies beispielsweise bei der Herstellung von U-förmigen Kanalstrukturen der Fall ist oder auch bei der Herstellung komplizierter mäanderförmiger Kanalstrukturen.

5

Gegenstand der Erfindung ist also eine metallische Bipolarplatte für Brennstoffzellen aus zwei geprägten Platten, von denen mindestens eine Platte eine Stempelstruktur, die andere hingegen z.B. auch eine geradlinige Kanalstruktur aufweisen kann. Durch Verbinden der beiden Platten zu einer Bipolarplatte ergibt sich zwischen den Platten ein Kanalsystem für ein Kühlmedium und an den Außenflächen jeweils eine, an die Gasströme in der Brennstoffzelle angepasste, Struktur zur Verteilung der Reaktionsgase. Diese Anordnung ist insbesondere geeignet für Brennstoffzellensysteme mit niedrigem Betriebsdruck, sowie für Brennstoffzellenstacks, bei denen die Luftversorgung der Zellen außerhalb des eigentlichen Stapsels erfolgt (sog. externe Luftversorgung bzw. sog. "Selbststatter"). Durch Verwendung einfacher, sich wiederholender Strukturen wird das Prägen der Platten vereinfacht. Die Anpassung der Verteilerstruktur an unterschiedliche Plattengrößen und -formen ist einfach und in weiten Bereichen möglich.

10

15

20

30

35

Durch die vorgeschlagene Vereinfachung der Verteilerstrukturen auf sich wiederholende, einfache geometrische Formen sollte die Herstellung von metallischen Bipolarplatten vereinfacht werden (z.B. durch Rollenprägen). Es ist auch denkbar, dass das Flowfield durch mehrere Prägeschritte erzeugt wird, bei dem das Werkzeug versetzt wird und mehrfach identische Strukturen auf der Platte abbildet. Zudem sollte eine Möglichkeit gefunden werden, wodurch der Kühlmittelfluss

innerhalb der Platte homogener und variabler gestaltet werden kann.

Das System ist vorzugsweise als Niederdrucksystem ausgelegt, d.h. für die Zuführung der Gasströme ist keine energieaufwändige Gasverdichtung notwendig, da die Reaktionsgase nahe Atmosphärendruck mit Ventilatoren bzw. Pumpen geringer Leistung durch den Stack geführt werden. Auf Grund der geringen Leistungsanforderungen für die Peripherie des Stacks ist solch ein System besonders für mobile Anwendungen interessant, da hier eine hohe Nettoleistung des Gesamtsystems entscheidend ist. Durch die geschickte Kombination aus z.B. H-Stempelkonstruktion und Kanalstruktur auf den jeweiligen Seiten der Bipolarplatte kann eine definierte Verteilung des Kühlmediums vorgenommen werden, wodurch eine homogene Wärmeabfuhr ermöglicht wird. Es hat sich gezeigt, dass eine gleichmäßige Kühlung entscheidend für eine verlässliche und hohe Leistung der Brennstoffzelle ist. Die hier vorschlagene Kombination aus Stempel und Kanalstruktur erlaubt einen großen Spielraum in der Gestaltung der Kühlmittelführung. Das in den geradlinigen Kanälen (Rückseite der Kathodenplatte) in Querrichtung verteilte Kühlwasser wird über die Verbindungsstege der z.B. H-Stempel (Rückseite der Anodenplatte) zum nächsten geradlinigen Kanal in Längsrichtung weitergeleitet. Durch gezielte Anordnung der H-Stempel auf der Anodenplatte kann so auf einfache Weise der Kühlmittelstrom, dem Bedarf der Brennstoffzelle angepasst, optimiert entlang der Bipolarplatte geführt werden.

Durch die Verwendung einfacher geometrischer Formen als Gasverteilungsstrukturen ergeben sich eine Vielzahl an Vorteilen, die die Herstellbarkeit der Bipo-

larplatten vereinfacht, bzw. die helfen, Leistungsfähigkeit der Brennstoffzelle zu erhöhen.

Das Flowfield kann durch die einfachen, repetitiven Verteilungsstrukturen in weiten Bereichen an Größe und Form der Bipolarplatte angepasst werden. Es sind verschiedenste Stempelformen denkbar. Dabei können die Stempel neben ihrer Form der auch in ihrer Höhenstruktur an die Anforderungen in der Zelle angepasst werden.

Die wiederkehrenden Strukturen sind gut geeignet für kontinuierliche Prägeverfahren (z.B. Rollenprägen), da der Materialeinzug beim Prägen gering ist und zudem gleichmäßig erfolgt. Zudem sind die Strukturen gut umformbar, da enge Windungen vermieden werden können (U-Turns).

Insbesondere bedingen die Stempelstrukturen eine erhöhte Steifigkeit der Gasverteilungsstrukturen, wodurch ein Zusammenpressen der Gasverteiler bei hoher Stackverpressung vermieden wird. Zudem ermöglichen die gleichmäßig und variabel verteilbaren Strukturen eine Anpassung an die benötigte Verpressung der aktiven Bereiche (MEA) der Brennstoffzelle, wodurch die Übergangswiderstände zwischen den Bauteilen minimiert werden können. Des weiteren können durch die Variabilität der Stempelstrukturen die Berührpunkte zwischen den beiden Einzelplatten bzgl. Lage und Verteilung angepasst werden, wodurch das Fügen der beiden Platten zu einer Bipolarplatte deutlich vereinfacht wird und letztlich die Bipolarplatte in Bezug auf Stabilität und Kontaktwiderstand zwischen den Platten optimiert werden kann.

Durch das Einbringen von orthogonal angeordneten

Querkanälen geringerer Höhe zwischen den Längskanälen der Kathodenseite können gezielt "Strömungsbrecher" in die Luftkanäle eingebracht werden, wodurch die Leistung der Luftelektrode erhöht wird. Es ergeben sich damit aber auch weitere Möglichkeiten das Kühlmedium im Inneren der Bipolarplatte zu leiten.

Die hier vorgeschlagene Kombination aus Stempel- und Kanalstruktur eignet sich vor allem für System, die bei geringen Brenngasdrücken arbeiten sollen. Die sowohl auf der Anode, als auch auf der Kathode mehrfach vorhandenen Gaskanäle bzw. möglichen Gaspfade führen zu einer geringen Anfälligkeit gegenüber einer Ansammlung kondensierten Wassers an der Elektrode. Insbesondere eignet sich das Stempelflowfield für Brennstoffzellen, die ohne kontinuierlichen Wasserstoffdurchfluss, (Systeme mit sehr hohem H<sub>2</sub>-Umsatz, z.B. >90-95%) betrieben werden. Das einfache lineare Kanalsystem auf der Kathode ermöglicht die Versorgung des Stacks von Außen (sog. externe Luftversorgung bzw. Manifold) mittels Ventilatoren oder Gebläse. Durch den Ersatz der sonst bei interner Luftversorgung nötigen Pumpen bzw. Kompressoren kann der Verbrauch der Stackperipherie deutlich reduziert und der Gesamtwirkungsgrad des Systems erhöht werden.

Vorteilhafte Weiterbildungen werden in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Eine vorteilhafte Weiterbildung der erfindungsgemäßen Bipolarplatte sieht vor, dass die erste Platte Erhebungen zur Verteilung eines Brennstoffmediums wie beispielsweise molekularem Wasserstoff auf der Anodenseite einer Brennstoffzelle aufweist und die zweite Platte der Bipolarplatte zur Verteilung von Medien wie beispielsweise Luft oder Sauerstoff auf der Ka-

thodenseite der Bipolarplatte ausgebildet ist. Ano-  
denseitig bietet insbesondere die Ausbildung der dis-  
kreten Strukturen den Vorteil, dass z.B. mehr als 90-  
95% des eingeleiteten Wasserstoffes tatsächlich ver-  
braucht werden. Zunächst ist durch die diskreten  
5 Strukturen, welche mehrere Fliessrichtungen zulassen  
und somit eine großflächige Verteilung ermöglichen,  
ein Verstopfen der Struktur durch z.B. Flüssigkeits-  
ansammlung vermeidbar. Außerdem kann dadurch, dass  
10 der Wasserstoff praktisch vollständig aufgebraucht  
wird und kein unverbrauchter Wasserstoff abgeführt  
werden muss, eine so genannte "Dead-End-Anordnung"  
gebaut werden, welche lediglich eine Zuführung für  
den Wasserstoff bereitstellt, jedoch keine Rückfüh-  
15 rung etc. für den Wasserstoff benötigt.

Eine weitere vorteilhafte Weiterbildung der Bipo-  
larplatte sieht vor, dass die zweite Platte ebenfalls  
Kanalstrukturen aufweist, wobei diese zumindest be-  
reichsweise linien- bzw. rinnenförmig ausgebildet  
20 sind. So ist es z.B. möglich, eine Vielzahl von Rin-  
nen parallel nebeneinander liegend auszugestalten,  
welche einzeln nebeneinander liegen und nicht eine  
komplexe z.B. mäanderförmige Struktur darstellen,  
sondern nebeneinander liegende, voneinander getrennte  
Einzelkanäle zeigen. Die Kanalstrukturen können hier-  
bei auch in sich Höhenunterschiede aufweisen, d.h.  
dass die Tiefe der Kanalstrukturen unterschiedlich  
ist bzw. das Ausmaß der Erhebung der Kanalstrukturen  
senkrecht zu der glatten Ebene unterschiedlich ist.  
30 So können vorzugsweise Normalhöhen im Bereich von  
gleich bleibend 0,3 bis 0,7 mm über die Plattenebene  
hinaus (dieses Maß bezieht sich die größte Höhe der  
Kanalstrukturen bezüglich der unverformten ebenen  
Platte) ergeben, hier können allerdings auch Höhenva-  
riationen möglich sein, um z.B. "Strömungsbrecher"

darzustellen und insgesamt eine möglichst großflächige und gleichmäßige Versorgung der Brennstoffzelle mit Betriebsmedien ermöglicht werden.

5 Die erfindungsgemäßen Erhebungen, welche sich aus einem ebenen Flächenabschnitt einer Platte der Bipolarplatte erheben, können unterschiedliche Formen haben. So ist es möglich, dass diese Erhebungen in der Draufsicht auf die Plattenebene die Form eines C, ei-  
10 nes I, eines U, eines L, eines H, eines X, eines V oder z.B. auch eines O haben. Es handelt sich hierbei um leicht darstellbare Strukturen, welche aus einfachen Strichen zusammengesetzt sind und welche fertigungs-technisch besonders einfach herstellbar sind. Es  
15 ist vorzugsweise so, dass gleichartige Erhebungen, welche diskret aus dem Flächenabschnitt herausragen im Wesentlichen gleichmäßig über den ebenen Flächenabschnitt verteilt sind. So sind z.B. auf einer vorher rein ebenen Fläche von  $100 \text{ cm}^2$  nach dem z.B. Auf-  
20 prägen der diskreten voneinander beabstandeten Erhebungen beispielsweise 150 bis 220 Erhebungen ange-  
bracht, wobei von den ursprünglich  $100 \text{ cm}^2$  18 bis 25  $\text{cm}^2$  durch Erhebungen bedeckt sind und die restliche Fläche einen rein ebenen Flächenabschnitt zeigt.

25 Es ist hierbei günstig, dass die Erhebungen in ihrer höchsten Ausdehnung, d.h. senkrecht zur Plattenebenen den weitesten entfernten Oberflächen gegenüber der Oberfläche des ebenen Flächenabschnittes eine Höhe von 0,3 bis 0,7 mm, vorzugsweise von 0,4 bis 0,6 mm aufweisen. Hierbei ist es selbstverständlich auch möglich, dass die Erhebungen in sich wiederum Höhen-  
30 unterschiede aufweisen, hierdurch wird es durch die leicht herabgesetzten Erhebungen möglich, dass hier die effektive Kontaktfläche zur z.B.  
35 Polymerelektrolytmembran der Brennstoffzelle hin erhöht wird bzw. eine ebenfalls der besseren

eine ebenfalls der besseren Medienausnutzung dienende Strömungsbrechung im Flowfield stattfindet.

Ein besonders vorteilhafter Aspekt der Erfindung liegt darin, dass durch die Kombination von Erhebungen auf der ersten Platte bzw. Kanalstrukturen auf der zweiten Platte (oder auch Kombinationen von Erhebungen auf der ersten und der zweiten Platte) ein Hohlraum zwischen der ersten und zweiten Platte gestaltbar ist, so dass hier eine gezielte Kühlmittelführung möglich wird, ohne dass die Kanaleigenschaften des Flowfields negativ beeinflusst werden müssen.

So sieht eine besonders vorteilhafte Weiterbildung vor, dass die zweite Platte Kanalstrukturen aufweist und die Erhebungen an der Platte sowie die Kanalstrukturen an der zweiten Platte dergestalt angeordnet sind, dass zwischen erster und zweiter Platte ein Hohlraum zur Einleitung von Kühlflüssigkeit gebildet ist, welcher z.B. an eine Durchgangsöffnung eines Brennstoffzellenstacks, welche beispielsweise senkrecht zu den Plattenebenen des Brennstoffzellenstacks verläuft, angeordnet ist.

Hierbei ist es besonders vorteilhaft, dass die Erhebungen auf der ersten und die korrespondierenden Kanalstrukturen auf der zweiten Platte so ausgebildet sind, dass die Erhebungen eine Überleitung von Kühlflüssigkeit von einem ersten Kanal der Kanalstruktur zu einem zweiten Kanal der Kanalstruktur bilden. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn auf der zweiten Platte miteinander unverbundene Bereiche z.B. nebeneinander liegende Rinnen, ausgebildet sind, welche nicht flüssigkeitsleitend miteinander verbunden sind. Hier kommt es durch Fügen der ersten Platte an die zweite Platte dazu, dass die Erhebungen quasi "Brü-

cken" bzw. eine Überleitung von z.B. einer Rinne zu einer benachbarten Rinne bilden. D.h., dass die Kühlflüssigkeit die Mitte der Plattenebene überquert, wenn sie von einem ersten Hohlraum einer ersten Rinne diese Mitte der Plattenebene kreuzend durch die Erhebung in den Hohlraum der zweiten Rinne wechselt.

Hiermit sind quasi beliebige Kühlmittelflusswege vorherbestimbar, ohne dass eine komplizierte und fehleranfällige Medienverteilerstruktur am Flowfield brennstoffzellenseitig sich ergeben müsste.

Es ist vorteilhafteise möglich, dass die Erhebungen auf der ersten Platte und die korrespondieren Kanalstrukturen auf der zweiten Platte so ausgebildet sind, dass ein oder mehrere Kühlkreise in dem Hohlraum zur Einleitung von Kühlflüssigkeit gebildet sind. So ist es z.B. möglich, Teile der Kanalstrukturen bzw. die Gesamtheit der Kanalstrukturen durch geeignete Überbrückung mittels Erhebungen auf der ersten Platten zu einem großen Kühlkreislauf zu verbinden. Es ist darüber hinaus aber auch möglich, einzelne unterschiedliche Kühlmittelbereich vorzusehen bzw. auch in sich verschachtelte mäanderförmige Kühlkreisläufe auszubilden.

Es ist besonders vorteilhaft, dass die erfindungsgemäße Bipolarplatte aus einem metallischen Material wie Stahl, Edelstahl, Nickel, Aluminium oder Titan ist, wobei sich aus Kostengründen beispielsweise korrosionsfreies Stahlblech anbietet. Im einbaufertigen Zustand der Bipolarplatte weist hierbei die erste bzw. die zweite Platte jeweils eine Dicke von 0,1 bis 0,6 mm, vorzugsweise 0,075 bis 0,3 mm auf.

Es ist einfach möglich, diese erste und zweite Platte

mittels Prägen, Stempeln, Hydroforming oder Wirbelstromprägen etc. mit Erhebungen bzw. Kanalstrukturen zu versehen und anschließend die erste und zweite Platte miteinander zu verbinden.

5

Die möglichen Verwendungen der erfindungsgemäßigen Platte werden in dem Verwendungsanspruch beispielhaft angegeben. So bietet sich die Platte als "Medienverteilungsplatte" für die verschiedensten elektrochemischen Systeme an, etwa elektrochemische Verdichter, aber auch für Brennstoffzellensysteme, selbst für Hochtemperatur-Brennstoffzellensysteme. Eine Festlegung auf den Begriff "Bipolarplatte" soll hier nicht zwingend erfolgen. So ist es nicht für alle Verwendungen zwingend, dass tatsächlich auf den beiden von einander weg weisenden Großflächen der Bipolarplatte unterschiedliche elektrische Pole im Betrieb gegeben sind. Es kann sich sozusagen auch um eine "Monopolarplatte" handeln. Eine besonders nützliche und weitreichende Anwendung dürfte allerdings stets das Gebiet der Niederdruck-Polymerolektrolytmembran-Brennstoffzellen sein.

20

15

So sieht ein erfindungsgemäßes System beispielsweise vor, dass dieses ein Polymerolektrolytmembransystem mit mindestens einer Brennstoffzelle ist, wobei diese mindestens eine Brennstoffzelle aus einer Elektrolytmembran besteht, welche vorzugsweise beidseitig Gasdiffusionslagen aufweist, an denen der Polymerolektrolytmembran abgewandten Seite Flowfields von Bipolarplatten angeordnet sind.

30

35

Diese Brennstoffzelle kann beispielsweise auf der Kathodenseite mit Umgebungsluft selbsttätig ausgeführt sein, es kann auch eine Zusatzbelüftung etwa mittels eines Gebläses erfolgen. Auf der Anodenseite der

Brennstoffzelle, auf welcher vorzugsweise die erfindungsgemäßen Erhebungen angeordnet sind, kommt es ebenfalls auf eine kostengünstige und "selbstregulierende" Weise zum Verbrauch von molekularem Wasserstoff, da dieser über ein oder mehrere Zuführungen in den elektrochemisch aktiven Bereich der Brennstoffzelle geführt wird, es aber aufgrund der relativ guten Ausnutzung dieses Brenngases es nicht notwendig ist, unverbranntes H<sub>2</sub> entsprechend abzuleiten. So ist es also möglich, die oben beschriebene "Dead-End-Ausführung" vorzusehen. Vorteil einer entsprechend aufgebauten Brennstoffzelle ist der relativ niedrige Betriebsdruck, ein Verzicht auf komplizierte Steuerelektronik und ein hoher H<sub>2</sub>-Umsatz. Hierbei wird durch die erfindungsgemäße Kühlmittelführung die Effizienz des Brennstoffzellensystems weiter erhöht.

Weitere vorteilhafte Weiterbildungen werden in den übrigen abhängigen Ansprüchen angegeben. Die Erfindung wird nun anhand mehrerer Figuren erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein erfindungsgemäßes elektrochemisches System,

Fig. 2 eine Aufzählung verschiedener möglicher Formen für erfindungsgemäße Erhebungen,

Fign. 3a

30 und 3b Draufsichten auf die erste bzw. zweite Platte einer erfindungsgemäßen Bipolarplatte,

Fign. 4a

35 und 4b mögliche Fließwege von Kühlmedium in einer erfindungsgemäßen Bipolarplatte.

Fig. 1 zeigt ein erfindungsgemäßes elektrochemisches System am Beispiel eines Brennstoffzellensystems. Dieses weist eine erste Brennstoffzelle 6.1 sowie davon durch eine Bipolarplatte 1 getrennt eine zweite Brennstoffzelle 6.2 auf. Die Brennstoffzellen 6.1 bzw. 6.2 bestehen hierbei jeweils aus einer mittig angeordneten Polymerelektrolytmembran (z.B. erhältlich unter dem Handelsnamen NAFION der Fa. DuPont), welche zumeist beidseitig mit einer Gasdiffusionslage bedeckt ist. Jeweils linksseitig der Membran ist eine Anodenseite der Brennstoffzelle gezeigt (z.B. 6.1a für die Brennstoffzelle 6.1), rechtsseitig ist eine Kathodenseite gezeigt (z.B. 6.2b für die Brennstoffzelle 6.2).

15 Zwischen den Brennstoffzellen 6.1 und 6.2 ist eine erfindungsgemäße Bipolarplatte 1 vorgesehen. Diese besteht aus einer ersten Platte 2 sowie einer zweiten Platte 3. Die erste Platte 2 hat ein erstes Flowfield 2a und die zweite Platte 3 hat ein zweites Flowfield 3a. Diese Flowfields sind zur Medienverteilung, besonders zur Verteilung von gasförmigen Medien auf der Anoden- bzw. der Kathodenseite geeignet. Das erste Flowfield 2a sorgt hierbei dafür, dass auf der Anodenseite 6.1a eine möglichst gleichmäßige Verteilung von molekularem Wasserstoff zu der angrenzenden Brennstoffzelle 6.1 erfolgt, wobei diese Brennstoffzelle als so genanntes "Dead-End-System" ausgeführt werden kann, welches auf der Anodenseite 6.1a lediglich Zuführungen, jedoch keine Rückführungen für unverbrannten gasförmigen Wasserstoff enthält.

30 Das Flowfield erstreckt sich hierbei über die elektrochemisch aktive Fläche der Brennstoffzelle 6.1, damit hier eine gleichmäßige Medienverteilung des hier eingesetzten Mediums (molekularem Wasserstoff) er-

folgt.

Auf der gegenüber liegenden Seite der Brennstoffzelle der Bipolarplatte 1 ist die Kathodenseite 6.2b der Brennstoffzelle 6.2 gezeigt. Auch hier erstreckt sich das Flowfield über den elektrochemisch aktiven Bereich der Brennstoffzelle 6.2. Auf der Kathodenseite ist allerdings der Raum nicht zur Umgebung hin gasdicht abgeschlossen, es handelt sich hierbei um eine "selbstatmende" Brennstoffzelle, welche ihren Sauerstoff aus der Umgebungsluft selbst bezieht. Es ist selbstverständlich möglich, zusätzlich durch ein Gebläse eine Erhöhung des Luftdurchlasses zu erreichen. Insgesamt ist festzustellen, dass das hier gezeigte System, welches mit Niederdruck arbeitet, einerseits eine hohe Effizienz aufweist, andererseits mit geringem Regelungstechnischem Aufwand betriebssicher und lang andauernd zu betreiben ist. Die Effizienz des Brennstoffzellensystems kann hierbei dadurch noch erhöht werden, dass in einem Hohlraum 8, welcher zwischen der ersten Platte 2 und der zweiten Platte 3 angebracht ist, die Einleitung von Kühlflüssigkeit erfolgt, welche die Betriebstemperatur der Brennstoffzellen senkt und somit die Energieeffizienz erhöht.

Im Folgenden wird die Bipolarplatte 1 nochmals näher erklärt. Es handelt sich hierbei um eine Bipolarplatte 1 für elektrochemische Systeme, welche eine erste Platte 2 mit einem ersten Flowfield 2a zur Medienverteilung sowie eine zweite 3 mit einem zweiten Flowfield 3a zur Medienverteilung enthält, wobei die erste im Bereich des ersten Flowfields zumindest bereichsweise einen ebenen Flächenabschnitt 4 aufweist, aus welchem herausragend diskrete und voneinander beabstandete Erhebungen 5 verteilt angeordnet sind.

Es handelt sich hierbei um ein Polymerelektrolytmembra-  
ransystem mit mindestens einer Brennstoffzelle (6.1),  
wobei diese mindestens eine Brennstoffzelle aus einer  
5 Elektrolytmembran besteht, welche vorzugsweise beid-  
seitig Gasdiffusionslagen aufweist, an deren der Po-  
lymerelektrolytmembran (PEM) abgewandten Seite Flow-  
fields von mindestens einer Bipolarplatte angeordnet  
sind.

10

15

20

30

Fig. 2 zeigt verschiedene Ausführungsformen möglicher Erhebungen, welche sich diskret und voneinander beabstandet flächig verteilt auf dem Flowfield 2a erstrecken. Diese haben die Form beispielsweise eines "U", welches zu verschiedenen Richtungen hin offen sein kann (siehe von links gesehen die ersten vier Beispielprofile). Hieran schließt sich als fünftes von links eine "O"-förmige Struktur an, schließlich eine "X"-förmige und ganz rechts eine "V"-förmige.

Diese Erhebungen können hierbei jeweils leicht gefertigt werden, da es sich hierbei um aus "Stäbchenform" aufgebaute Strukturen handelt. Die in Fig. 2 gezeigten Stäbchen können hierbei jeweils auch unterschiedliche Höhen aufweist. Hierdurch wird der Gasfluss zu der anodenseitig angeordneten Elektrode erleichtert. Selbstverständlich sind die in Fig. 2 gezeigten Beispiele für Erhebungen nicht abschließend. Die Erhebungen können z.B. C-, I- oder L-förmig ausgeführt sein bzw. auch andere einfache geometrische Strukturen umfassen.

Fign. 3a und 3b zeigen jeweils Draufsichten auf eine erfindungsgemäße Bipolarplatte 1.

35

Hierbei ist in Fig. 3a in der Draufsicht die äußere

Seite (d.h. die der Anodenseite zugewandte Seite) der ersten Platte 2 gezeigt. Diese Platte 2 weist im Randbereich eine nicht näher dargestellte Dichtung sowie an den Ecken jeweils in Langlochform Interface-Kanäle zur Durchleitung von Medien auf. Zentral ist 5 ein Flowfield 2a gezeigt, welches über die Fläche des elektrochemisch aktiven Bereichs der Brennstoffzelle 6.1 sich im Wesentlichen rechteckförmig erstreckt. Die Zuleitung von einem Brenngas wie z.B. molekularem Wasserstoff erfolgt über oben links bzw. unten rechts 10 gezeigte Gaszuführöffnungen. Das Flowfield 2a ist im Wesentlichen als ebener Flächenabschnitt 4 ausgeführt, aus welchem herausragend diskrete und voneinander beabstandete Erhebungen 5 flächig verteilt angeordnet sind. Diese diskreten Erhebungen sind im regelmäßigen Abstand zueinander angeordnet und weisen 15 im Wesentlichen die Form des Buchstabens "H" auf. Auf 100 cm<sup>2</sup> Fläche des Flowfields sind ca. 200 Erhebungen gegeben. Der Mindestabstand dieser Erhebungen beträgt 20 vorzugsweise zwischen 0,5 mm und 3 mm. Die von Erhebungen bedeckte Fläche des Flowfields (hiermit die Flächen gemeint, an denen bereits die kleinste Erhebung gegeben ist, also alles was nicht zum ebenen Flächenabschnitt gehört), beträgt hierbei 20% bis 40%, vorzugsweise 20% bis 25% der Gesamtfläche des Flowfields.

Die Erhebungen weisen aus der Blattebene herausragend, ausgehend von dem ebenen Flächenabschnitt 4 maximale Höhe an ihrer obersten Stelle von 0,3 bis 0,7 30 mm, vorzugsweise 0,4 bis 0,6 mm auf.

Fig. 3b zeigt eine zweite Platte 3, welche Kanalstrukturen 7 aufweist. Diese Kanalstrukturen 7 sind als geradlinig nebeneinander liegende Kanäle ausgebildet, welche miteinander unverbunden sind. Es han- 35

5       delt sich hier bei quasi um nebeneinander liegende  
rinnenförmige Ausbildungen. Auch diese Kanalstruktu-  
ren, welche normalerweise 0,3 bis 0,7 mm gegenüber  
dem ebenen Grund (d.h. der flachen Oberfläche der  
zweiten Platte sich erheben, 0,3 bis 0,7 mm ist hier-  
bei die vorzugsweise Normalhöhe), können auch in sich  
unterschiedliche Höhen aufweisen.

10      Die in Fign. 3a bzw. 3b gezeigten ersten bzw. zweiten  
Platten sind mit ihren Erhebungen bzw. Kanalstruktu-  
ren abweisenden Seiten miteinander fest verbunden.  
15      Erste und zweite Platte sind hierbei jeweils aus  
Stahlblech ausgeführt. Die Dicke der ersten bzw.  
zweiten Platte beträgt im flachen ungeformten Ab-  
schnitt hierbei 0,1-0,2 mm. Die erste und zweite  
Platte wurden hierbei jeweils durch Rollprägen bzw.  
Stempeln aus flachem Stahlblech hergestellt und an-  
schließend erfolgte ein Fügen erster und zweiter  
Platte auf den den Kanalstrukturen bzw. Erhebungen  
entgegengesetzten Seiten miteinander vorzugsweise  
20      durch Löten, Kleben oder Laserstrahlschweißen etc.

25      Fign. 4a und 4b zeigen Einzelheiten des Hohlraums 8,  
welcher zwischen erster Platte 2 und zweiter Platte 3  
gebildet ist und welcher einen geschlossenen Hohlraum  
darstellt zur Führung einer Kühlflüssigkeit zur Kühl-  
lung der Bipolarplatte 1. Hierbei weist also die  
zweite Platte 3 Kanalstrukturen 7 auf und die Erhe-  
bungen 5 an der ersten Platte sowie die Kanalstruktu-  
ren 7 an der zweiten Platte sind dergestalt angeord-  
net, dass zwischen erster 2 und zweiter 3 Platte ein  
Hohlraum 8 zur Einleitung von Kühlflüssigkeit gebil-  
det ist.

35      Hierbei zeigen Fign. 4a und 4b eine "Durchsicht"  
durch die Bipolarplatte 1, etwa im Sinne eines Rönt-

genbildes, wobei die möglichen Fliesswege in angedeuteten Hohlräumen jeweils durch Pfeile angedeutet sind.

5 Hierbei zeigt Fig. 4a die Fliesswege bei einer Bipolarplatte 1, welche plattengemäß Fig. 3a und 3b aufweist. Hierbei weist die erste Platte, die in Fig. 3a gezeigten "H"-förmigen Abschnitte auf, wobei die zweite Platte (siehe Fig. 3b) nebeneinander liegende rinnenförmige Abschnitte aufweist, so z.B. einen ersten rinnenförmigen Kanal 7.1 und einen zweiten rinnenförmigen Kanal 7.2. Hierbei sind die senkrechten Balken des "H" im selben Abstand voneinander beabstandet, wie der erste Kanal 7.1 bzw. der zweite Kanal 7.2, so dass die in der Fig. 4a gezeigten Lage sich teilweise überdecken. Hierdurch wird es möglich, dass in einem ersten Kanal 7.1 geführte Flüssigkeit ohne aus dem Hohlraum 8 herauszutreten über den Querträger des "H" in dem ersten Kanal 7.1 in den zweiten 20 7.2 geführt wird. Mit der in Fig. 4a gezeigten Anordnung ist es also möglich, die Flüssigkeit recht weiträumig und gleichmäßig im Hohlraum 8 der Bipolarplatte 1 zu verteilen. Durch gezielte Anordnung der H-Stempel auf der Anodenplatte kann so auf einfache Weise der Kühlmittelstrom, dem Bedarf der Brennstoffzelle angepasst werden, optimiert entlang der Bipolarplatte geführt in X- bzw. Y-Richtung.

30 Es handelt sich hierbei also um eine Bipolarplatte, wobei die Erhebungen 5 auf der ersten Platte 2 und korrespondierenden Kanalstrukturen 7 auf der zweiten Platte 3 so ausgebildet sind, dass die Erhebungen 5 eine Überleitung von Kühlflüssigkeit von einem ersten Kanal 7.1 der Kanalstruktur zu einem zweiten Kanal 35 7.2 der Kanalstruktur bilden.

Schließlich zeigt Fig. 4b eine weitere Ausführungsform der Hohlraumgestaltung einer erfindungsgemäßen Bipolarplatte. Hierbei sind in Fig. 4b linksseitig eine mäanderförmige Führung des Kühlmittels gezeigt. Hierzu sind wiederum rinnenförmige nebeneinander liegende Kanäle gezeigt (die auch Höhenvariationen aufweisen zur Strömungsbrechung), welche an vereinzelten Stellen durch Verbindungsstege 10 miteinander verbunden sind (die Verbindungsstege 10 werden hierbei von "I"-förmigen Erhebungen 5 auf der ersten Platte 2 gebildet. Linksseitig in Fig. 4b ist hierbei eine mäanderförmige Kühlmittelführung gezeigt, wobei eine einzige Mäanderstruktur gegeben ist, welche einen insgesamt eingeschlossenen Hohlraum 8 bildet.

In Fig. 4b rechtsseitig ist eine weitere Möglichkeit gezeigt. Hier wird durch eine andere Anordnung der Erhebungen 5, welche z.B. als "I"-förmige Erhebungen 10 ausgebildet sind, eine andere Art der Kühlmittelführung ermöglicht. Es bilden sich hierbei zwei Mäanderstrukturen, welche getrennte Kühlkreisläufe zeigen. So zeigt 8.1 einen von 8.2 getrennten Kühlkreislauf, wobei diese wiederum ineinander geschachtelt sein können.

Es ist somit hier eine Bipolarplatte gezeigt, wobei die Erhebungen auf der ersten Platte 2 und die korrespondierenden Kanalstrukturen 7 auf der zweiten Platte 3 so ausgebildet sind, dass ein oder mehrere Kühlkreise 8.1, 8.2 in dem Hohlraum zur Einleitung von Kühlflüssigkeit gebildet sind.

REINZ-Dichtungs-GmbH

039P 1589

Patentansprüche

5

1. Bipolarplatte (1) für elektrochemische Systeme, welche eine erste Platte (2) mit einem ersten Flowfield (2a) zur Medienverteilung sowie eine zweite Platte (3) mit einem zweiten Flowfield (3a) zur Medienverteilung enthält, wobei die erste Platte im Bereich des ersten Flowfields zumindest bereichsweise einen ebenen Flächenabschnitt (4) aufweist, aus welchem herausragend diskrete und voneinander beabstandete Erhebungen (5) verteilt angeordnet sind.
2. Bipolarplatte nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest die erste Platte (2) Erhebungen (5) zur Verteilung eines Brennstoffmediums auf der Anodenseite (6.1a) einer Brennstoffzelle (6.1) aufweist und die zweite Platte (3) der Bipolarplatte (1) zur Verteilung von Medien wie beispielsweise Luft oder Sauerstoff auf der Kathodenseite (6.2b) der Bipolarplatte (1) ausgebildet ist.
3. Bipolarplatte nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Platte (3) Kanalstrukturen (7) aufweist, wobei diese zumindest bereichsweise linien- bzw. rinnenförmig ausgebildet sind und/oder die zweite Platte ebenfalls diskrete und voneinander beabstandete Erhebungen bzw. als Stempelstrukturen aufweist.

10

15

20

25

30

4. Bipolarplatte nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Kanalstrukturen (7) als geradlinig nebeneinander liegende Kanäle ausgebildet sind.

5. Bipolarplatte nach einem der Ansprüche 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Kanalstrukturen (7) in sich Höhenunterschiede aufweisen.

6. Bipolarplatte nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Erhebungen C-, I-, U-, L-, H-, X-, V-, O-förmig sind (Fig.2).

7. Bipolarplatte nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Erhebungen (5) eine Höhe gegenüber dem ebenen Flächenabschnitt (4) von 0,3 bis 0,7 mm, vorzugsweise 0,4 bis 0,6 mm aufweisen.

8. Bipolarplatte nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Erhebungen (5) in sich Höhenunterschiede aufweisen.

9. Bipolarplatte nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Platte Kanalstrukturen (7) aufweist und die Erhebungen (5) an der ersten Platte sowie die Kanalstrukturen (7) an der zweiten Platte (3) der gestalt angeordnet sind, dass zwischen erster (2) und zweiter (3) Platte ein Hohlraum (8) zur Einleitung von Kühlflüssigkeit gebildet ist.

10. Bipolarplatte nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Erhebungen (5) auf der ersten Platte (2) und die korrespondierenden Kanalstrukturen (7) auf der zweiten Platte (3) so ausgebildet sind, dass die Erhebungen (5) eine

Überleitung von Kühlflüssigkeit von einem ersten Kanal (7.1) der Kanalstruktur zu einem zweiten Kanal (7.2) der Kanalstruktur bilden.

11. Bipolarplatte nach einem der Ansprüche 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Erhebungen (5) auf der ersten Platte (2) und die korrespondierenden Kanalstrukturen (7) auf der zweiten Platte (3) so ausgebildet sind, dass ein (8.1) oder mehrere (8.1, 8.2) Kühlkreise in dem Hohlraum zur Einleitung von Kühlflüssigkeit gebildet sind.
12. Bipolarplatte nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass diese aus einem Metall wie Stahl, Edelstahl, Nickel, Aluminium oder Titan ist.
13. Bipolarplatte nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Bipolarplatte (1) aus Stahlblech oder Edelstahlblech ist.
14. Bipolarplatte nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Materialdicke der ersten oder zweiten Platte jeweils in deren ungeformten Abschnitten von 0,05 bis 0,6 mm, vorzugsweise 0,075 bis 0,3 mm beträgt.
15. Verfahren zur Herstellung einer Bipolarplatte nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die erste (2) sowie die zweite (3) Platte mittels Rollprägen, Stempeln, Hydroforming, Wirbelstromprägen mit Erhebungen und/oder Kanalstrukturen versehen werden und anschließend die erste und zweite Platte auf den Kanalstrukturen und/oder Erhebungen entgegengesetzten Seiten miteinander vorzugsweise

durch Löten, Kleben oder Laserstrahlschweißen gefügt werden.

16. Elektrochemisches System (9) enthaltend mindestens eine Bipolarplatte nach den Patentansprüchen 1 bis 14.
17. System nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass dieses ein Polymerelektrolytmembransystem mit mindestens einer Brennstoffzellen (6.1) ist, wobei diese mindestens eine Brennstoffzelle aus einer Elektrolytmembran besteht, welche vorzugsweise beidseitig Gasdiffusionslagen aufweist, an deren der Polymerelektrolytmembran abgewandten Seite Flowfields von mindestens einer Bipolarplatte (1) angeordnet sind.
18. System nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennstoffzelle (6.2) auf der Kathodenseite (6.2b) mit Umgebungsluft selbstatmend oder zwangsbelüftet sind.
19. Verwendung einer Platte nach einem der Ansprüche 1 bis 14 in einem elektrochemischen System wie Brennstoffzellen, Elektrolyseuren und elektrochemischen Verdichtern.

Zusammenfassung:

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Bipolarplatte (1) für elektrochemische Systeme, welche eine erste 5 Platte (2) mit einem ersten Flowfield (2a) zur Medienverteilung sowie eine zweite Platte (3) mit einem zweiten Flowfield (3a) zur Medienverteilung enthält. Die erste Platte weist im Bereich des ersten Flowfields zumindest bereichsweise einen ebenen Flächenabschnitt (4) auf, aus welchem herausragend diskrete und voneinander beabstandete Erhebungen (5) verteilt angeordnet sind. Außerdem wird noch ein Verfahren zur 10 Herstellung dieser Bipolarplatte vorgestellt sowie ein elektrochemisches System, welches diese Bipolarplatte enthält. 15

Erfindungsgemäß wird es möglich, auf eine kostengünstige Weise eine Bipolarplatte herzustellen, welche 20 den Bau betriebssicherer und mit geringem Peripherieverbrauch (Pumpen, Verdichter) arbeitender Brennstoffzellensysteme ermöglicht.

(Fig. 3a)

Fig. 3a

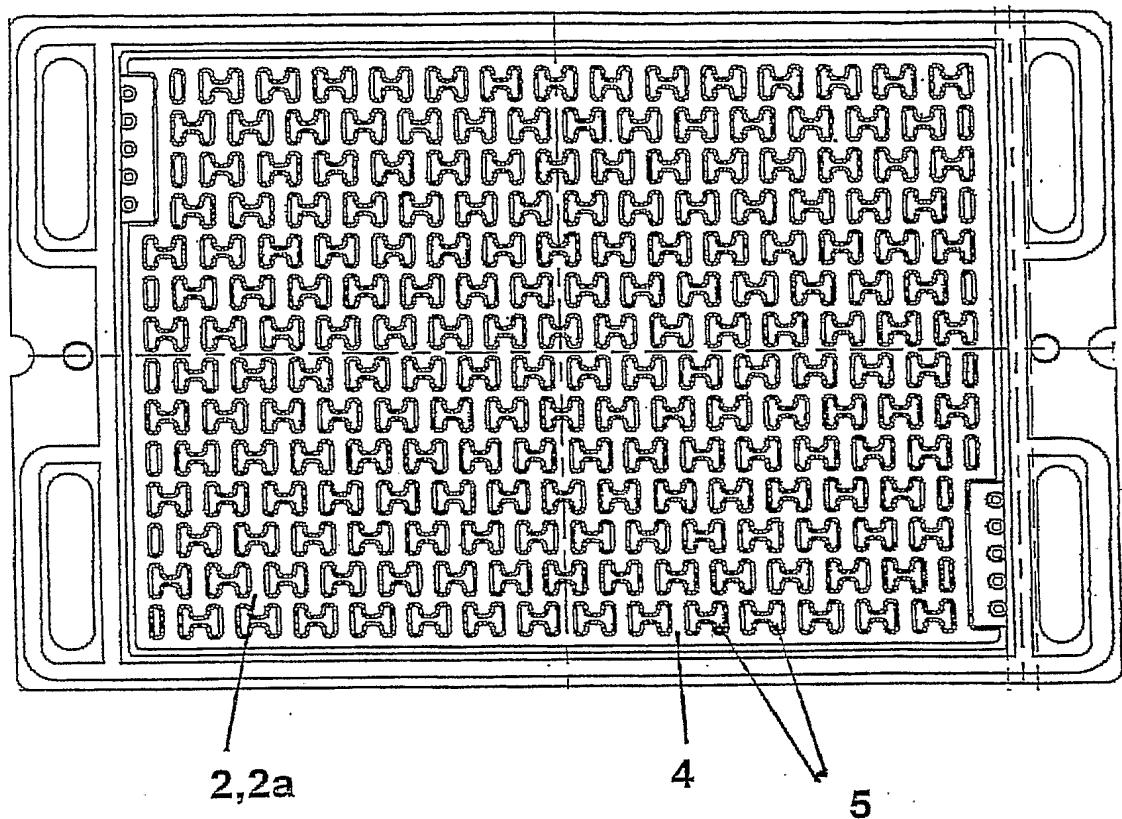


Fig. 1

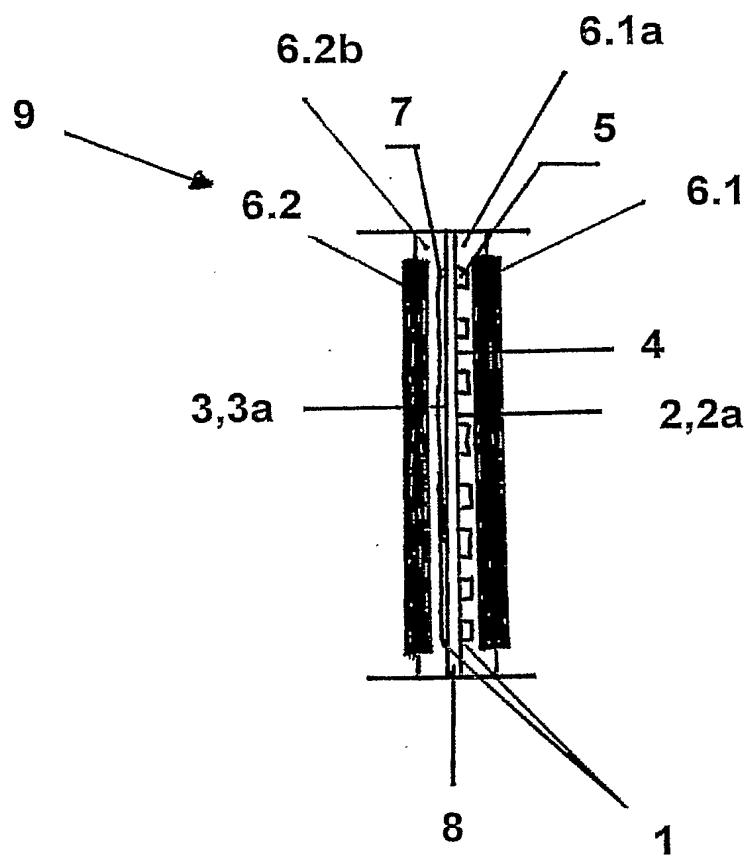


Fig. 2

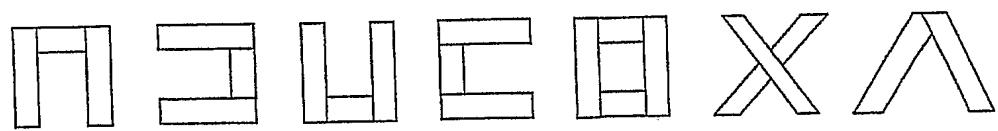


Fig. 3a

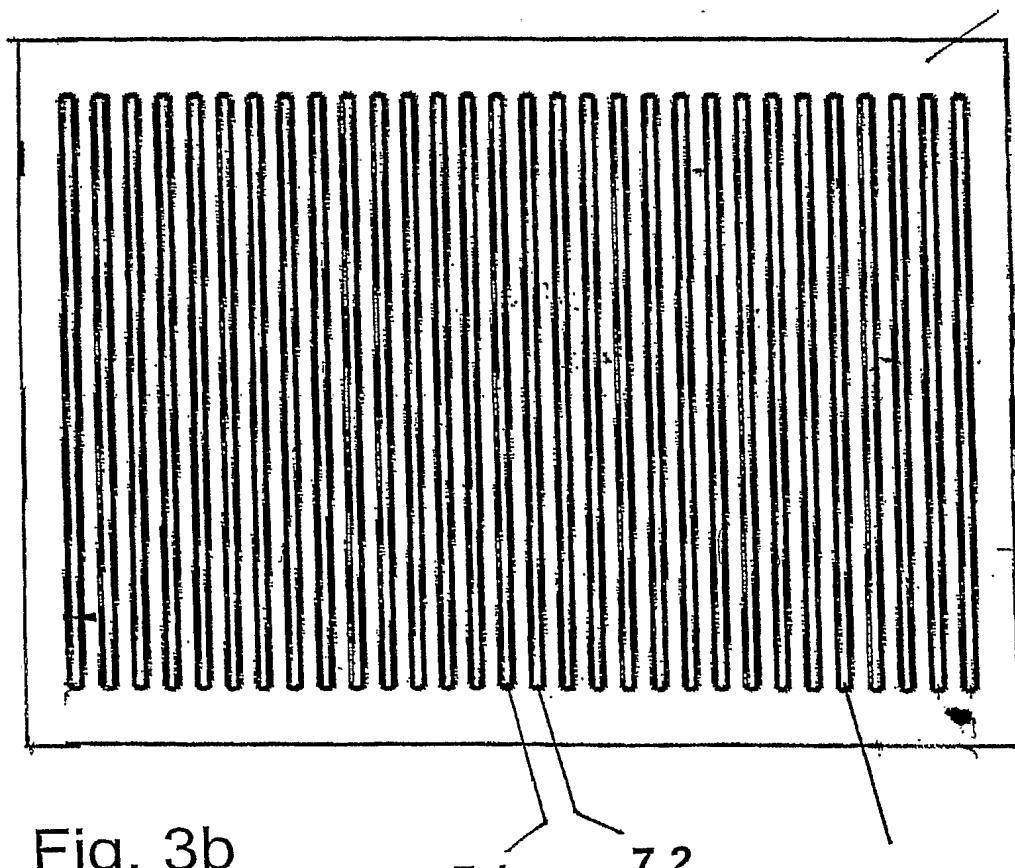
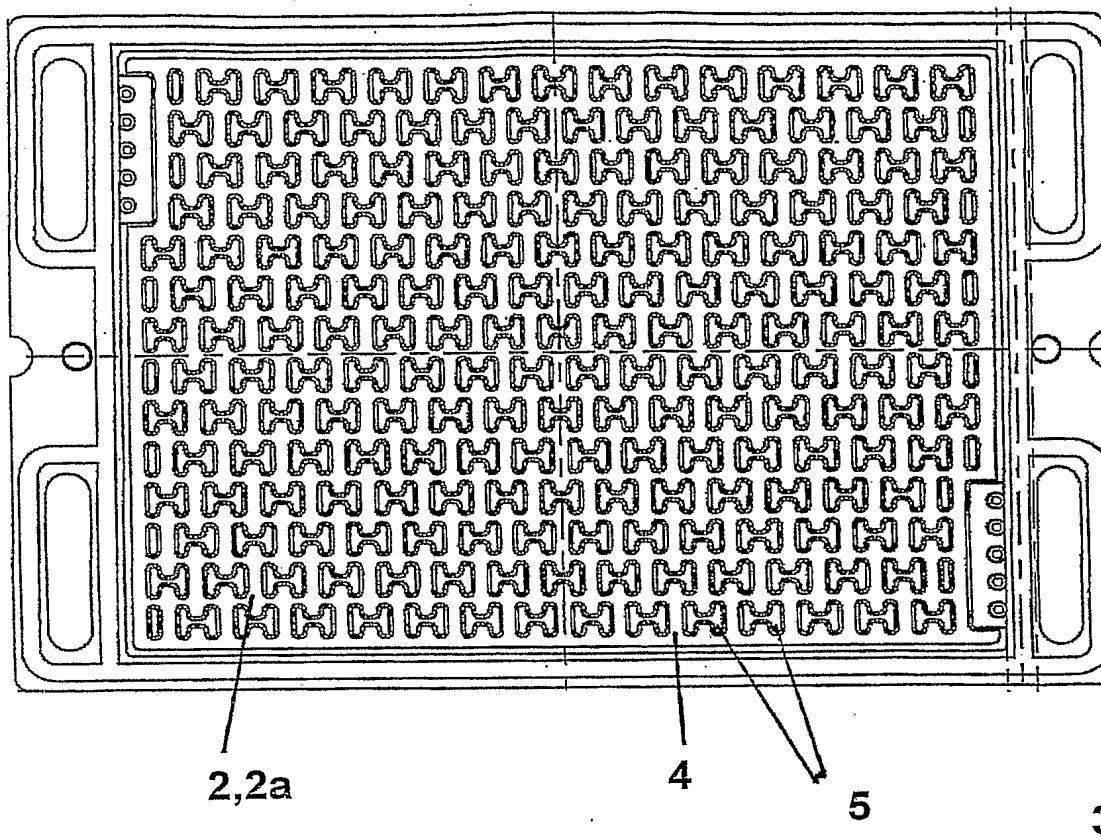
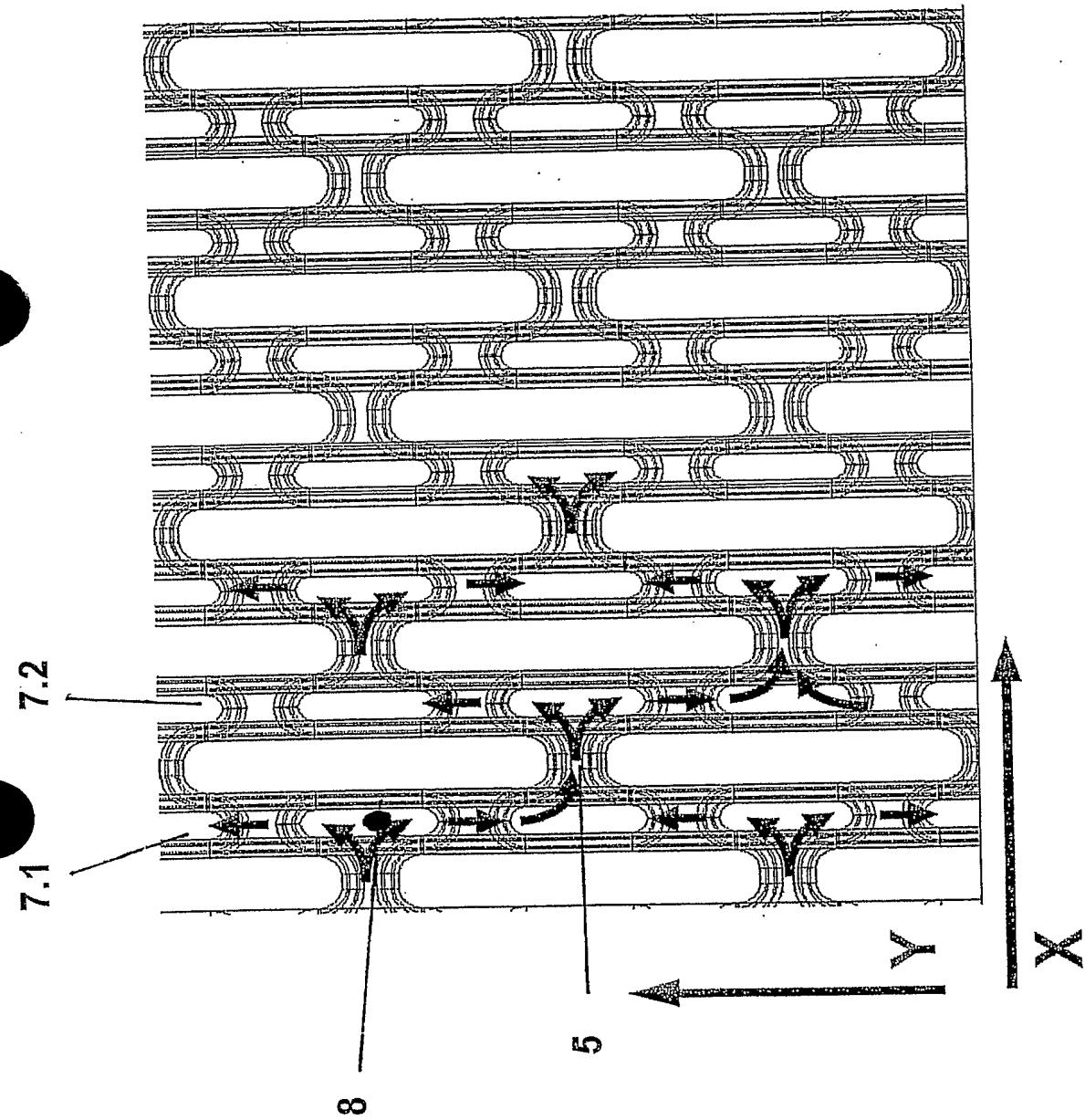


Fig. 3b

Fig. 4a



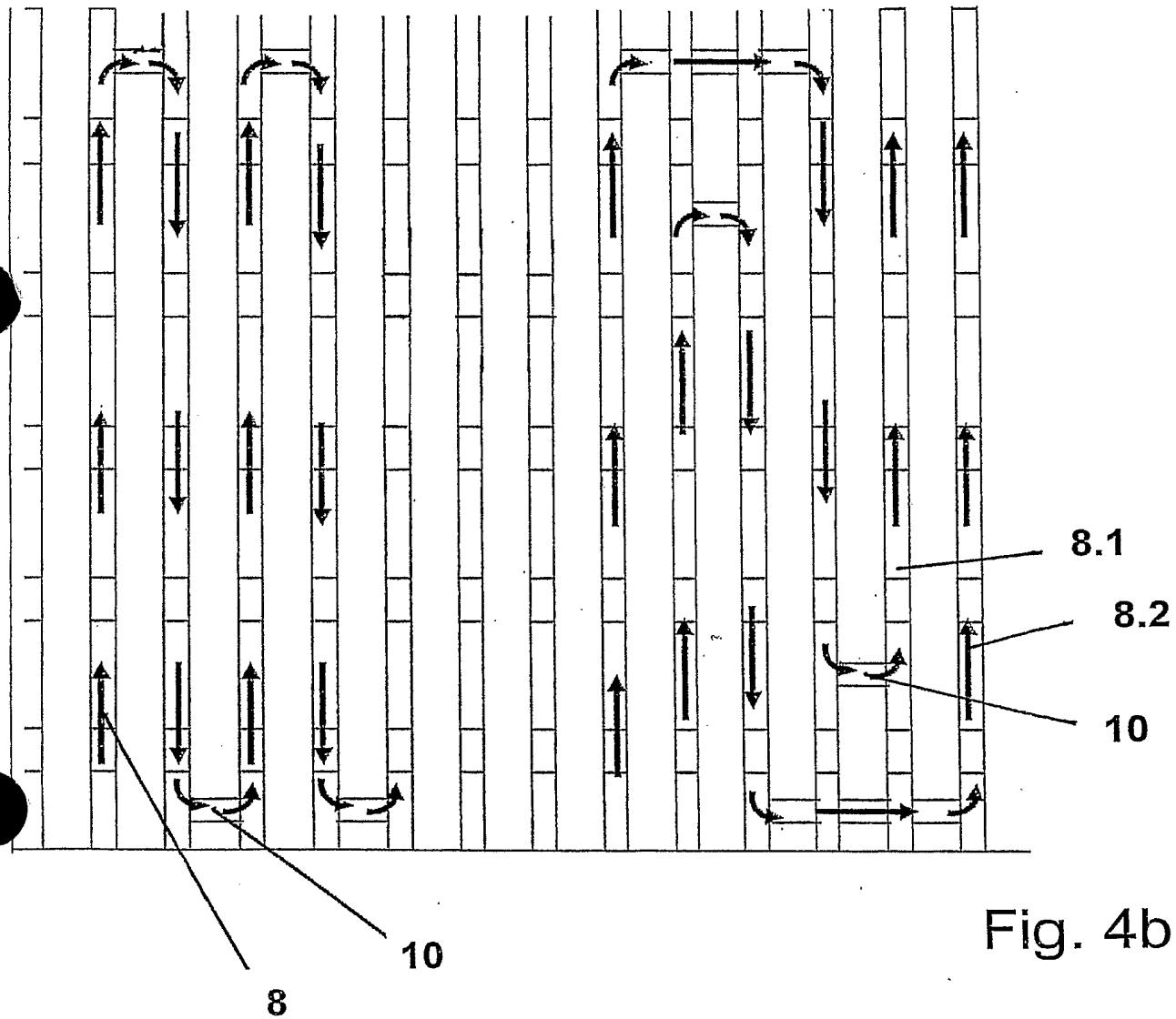


Fig. 4b